



Science Arts & Métiers (SAM)

is an open access repository that collects the work of Arts et Métiers ParisTech researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in: <http://sam.ensam.eu>
Handle ID: <http://hdl.handle.net/10985/7055>

To cite this version :

Eric SEMAIL - Evolution des systèmes de propulsions électriques des navires - 2009

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository

Administrator : archiveouverte@ensam.eu

***Evolution des systèmes de
propulsions électriques des navires***

E. Semail¹

(1) L2EP Lille, , ENSAM Paristech 8 Bd Louis XIV, 59046 Lille

Plan de l'exposé

I>Du tout thermique à l'hybride série

1. Moteur thermique: avantage/inconvénient
2. Hybride série de base: diesel-electrique

II> Amélioration de l'hybride série: efficacité énergétique

1. « POD » (nacelle): l'électrique aide l'hydrodynamique
2. « RIM driven »: moteur dans le carénage de l'hélice
3. HTS: la supraconductivité pour sa compacité

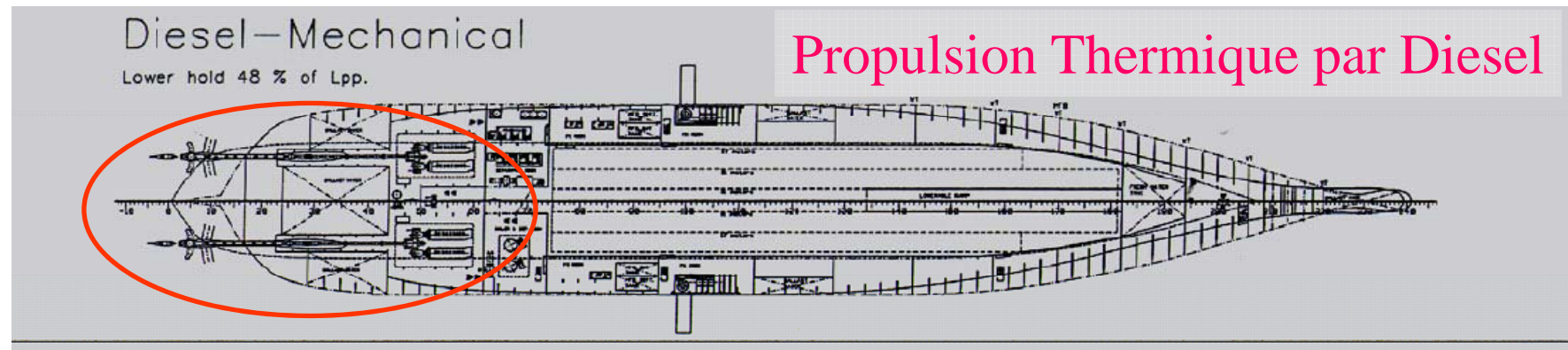
III>L'hybridation parallèle pour tous:

1. Le moteur « booster »...fils de l'alternateur attelé
2. Contra-POD: efficacité à coût réduit

IV>Conclusion: si on prenait son temps avec Hélios et Eole?

I>Du tout thermique à l'hybride série

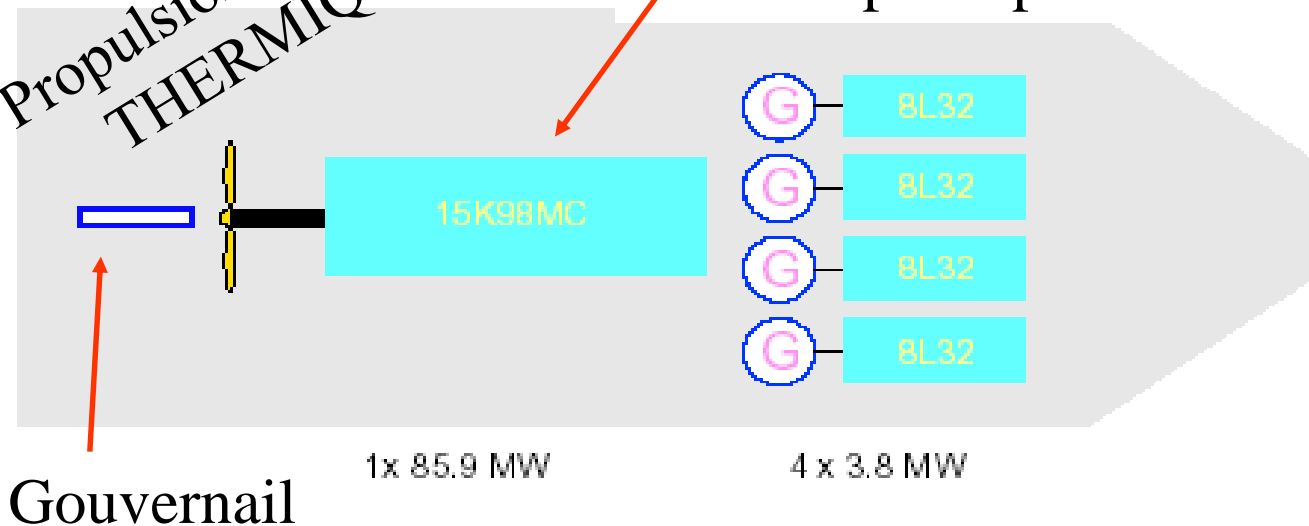
1. Moteur thermique: avantage/inconvénient



Propulsion purement
THERMIQUE

ENTRAINEMENT DIRECT

Diesel principal



Pas de boîte de vitesse!
Patinage garanti!

Single propulsion

Main engine power: 85.9 MW
Aux. engine power: 15.2 MW
Total installed power: **101.1MW**

I>Du tout thermique à l'hybride série

1. Moteur thermique: avantage/inconvénient

Le « Diesel », un producteur optimisé pour un point de fonctionnement !!!

OPTIMUM **Si**

On travaille toujours au point de fonctionnement nominal
(UNE vitesse et UN couple)

(Cas idéal : « Porte Container sur mer régulière à sa charge nominale)

Si la charge du moteur est changeante?

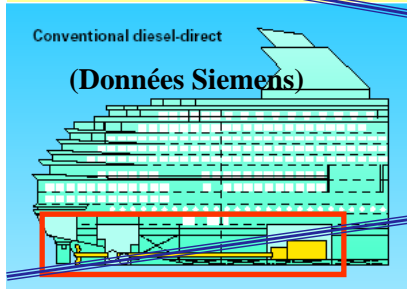
(Pêche, Croisière, Plaisance,..., sur mer houleuse,...)

- Dégradation du rendement et encrassement (faible vitesse)
- Dégradation du rendement (faible charge, vitesse nominale)
- Vieillesse accélérée (maintenance)

Par ailleurs: le « gros » diesel est bruyant (vibration), volumineux, lourd, ...
avec... une ligne d'arbre encombrante...

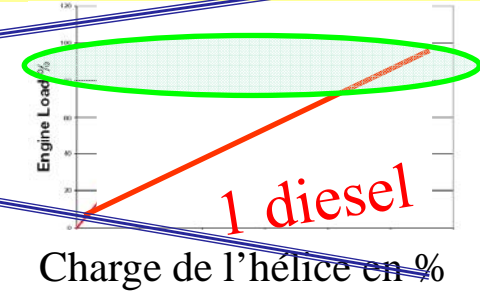
I>Du tout thermique à l'hybride série

2. Hybride série de base: diesel-electrique



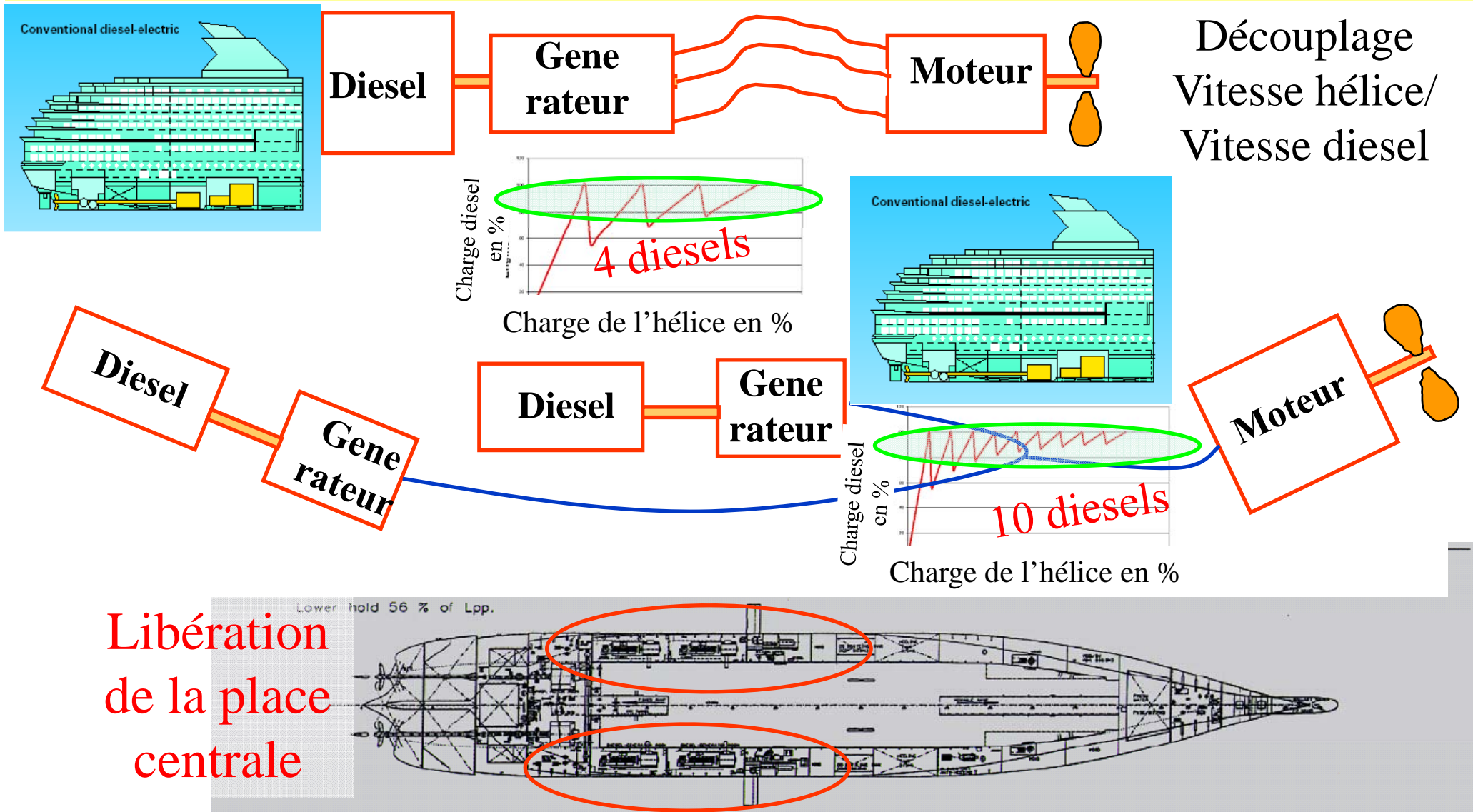
Diesel

Réducteur



I>Du tout thermique à l'hybride série

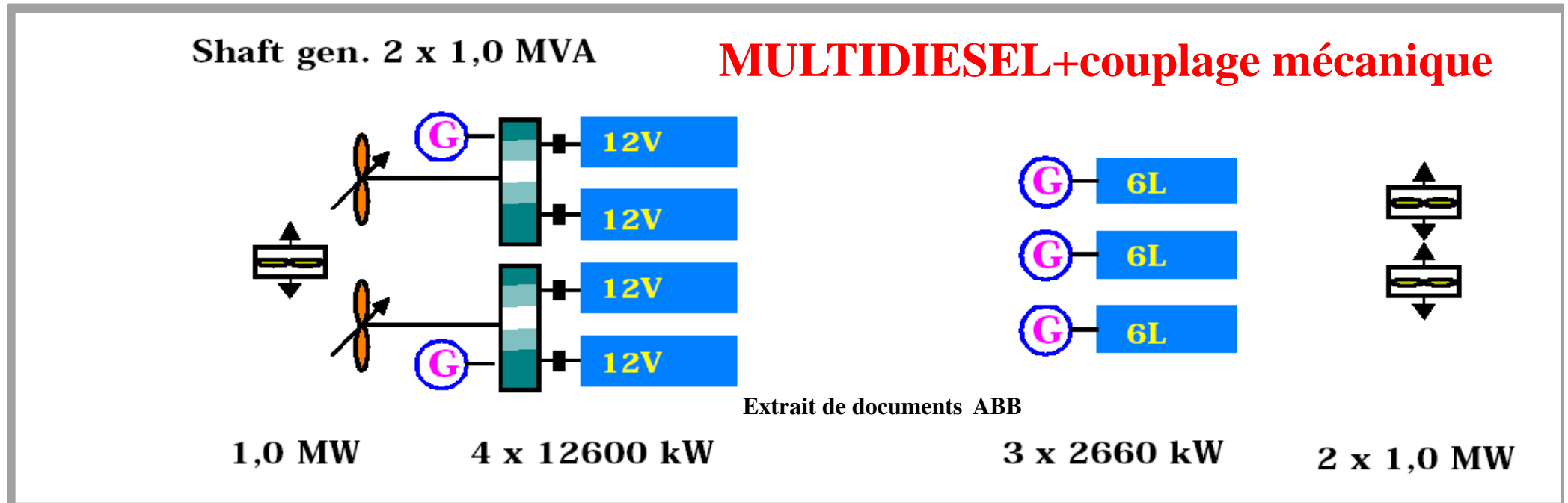
2. Hybride série de base: diesel-electrique



I>Du tout thermique à l'hybride série

1. Moteur thermique: avantage/inconvénient

Solutions mécaniques pour adapter la puissance



« Bon » rendement à vitesse variable du navire et vitesse constante diesel ?

Hélice à pas variable...

Maintenance
(coût de possession)



I>Du tout thermique à l'hybride série

2. Hybride série de base: diesel-electrique

Un hybride série ... €€€€€€€€ !!!! \$\$\$\$\$\$!!!!

3 fois la pleine puissance!!!

(P moteur électrique= P alternateur= Pmoteur thermique)

$$\eta = \eta_{diesel} \eta_{alternateur} \eta_{moteur}$$

La clé économique: Multi-diesel

(...en transport terrestre ???...multi moteur ??...multi-cylindres...?)

1. Découplage vitesse diesel/vitesse hélice
2. Optimisation du rendement (en vitesse/charge variable)
3. Levée des contraintes spatiales (gain spatial)
4. Mutualisation avec l'énergie électrique du réseau de bord
5. Fiabilité/maintenance: redondance et pas de réducteur

I>Du tout thermique à l'hybride série

2. Hybride série de base: diesel-electrique

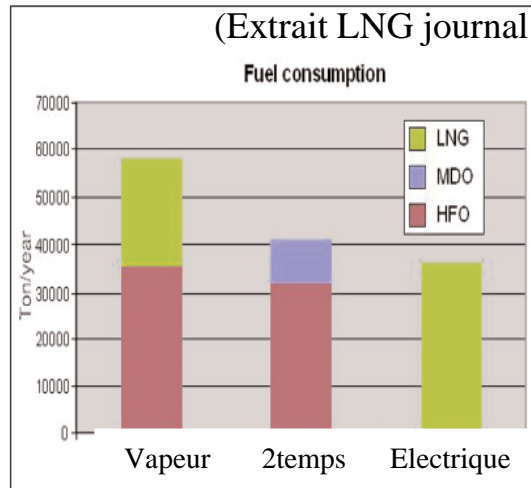


Figure 3 Comparison of fuel consumption

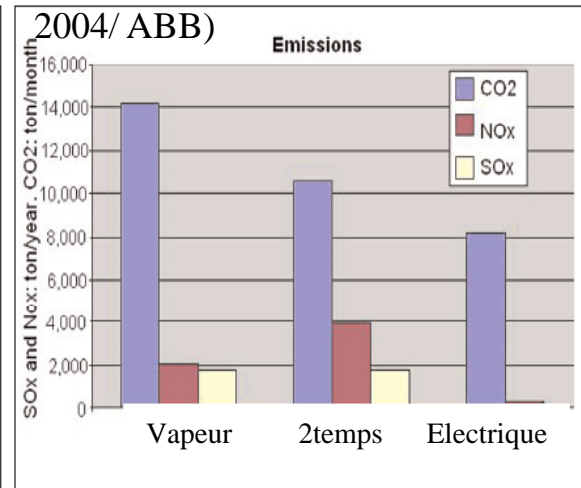
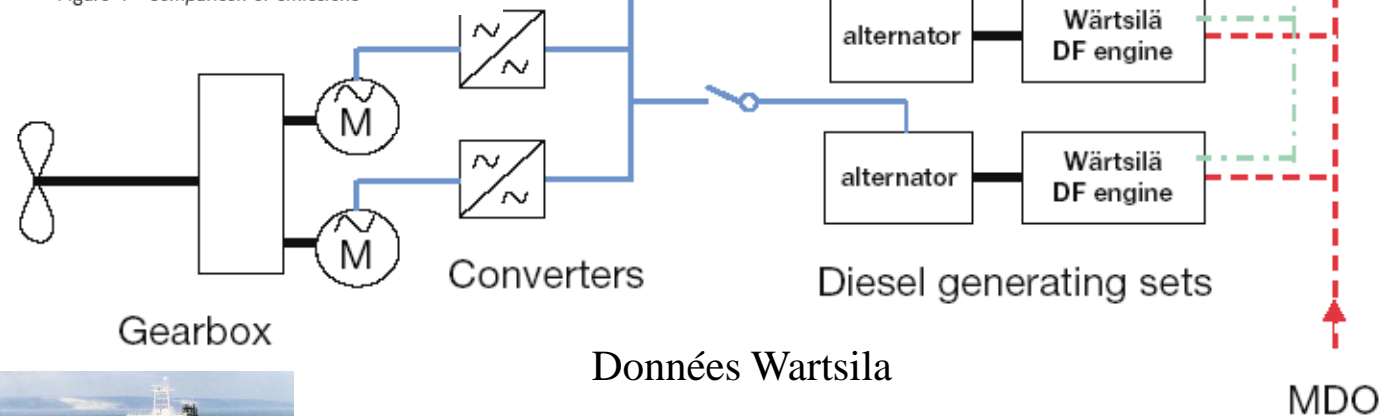


Figure 4 Comparison of emissions

MDO: marine diesel Oil; **HFO:** Heavy Fuel Oil; **LNG:** Liquefied Natural Gas

(10-12MW à quai)
20 MW en propulsion



METHANIER
Usine électrique pour réfrigération et déchargement



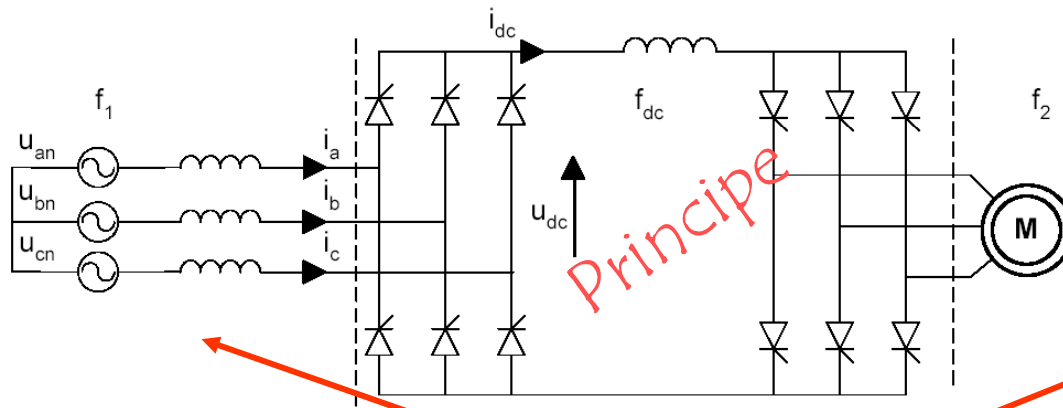
I>Du tout thermique à l'hybride série

2. Hybride série de base: diesel-electrique

Type d'alimentation du moteur

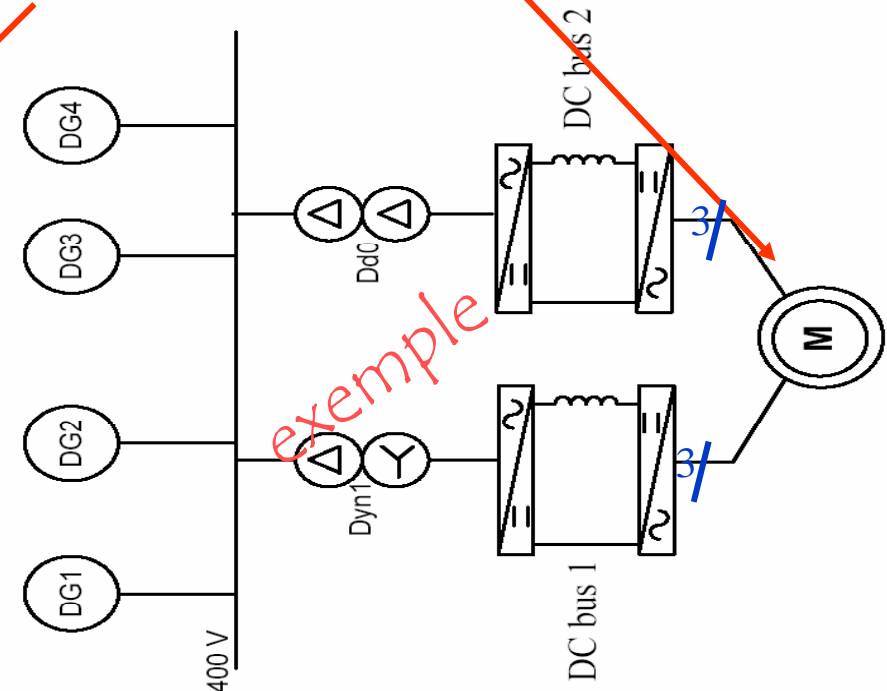
Commutateur de courant à thyristors et machine synchrone classique

(Facteur de puissance, harmoniques, Pulsations de couple, Puissance réactive)



Moteur de l'hélice

Alternateur Diesel

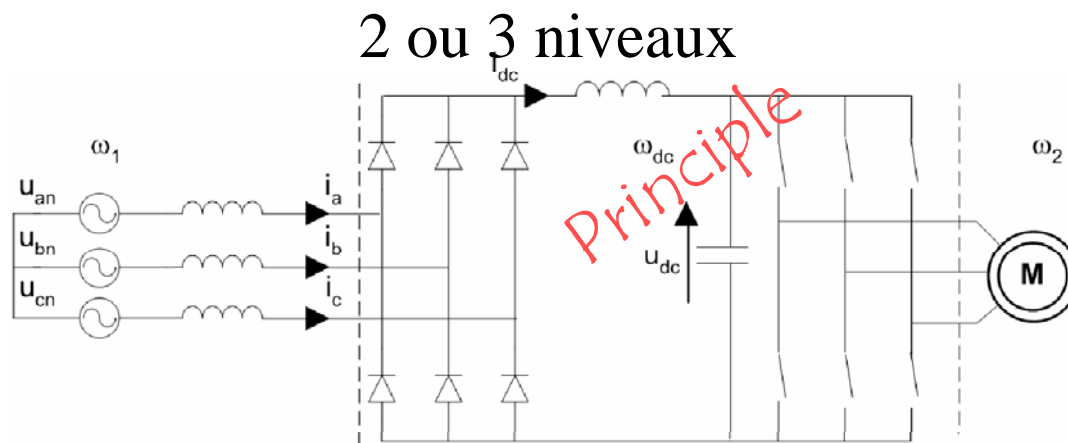


I>Du tout thermique à l'hybride série

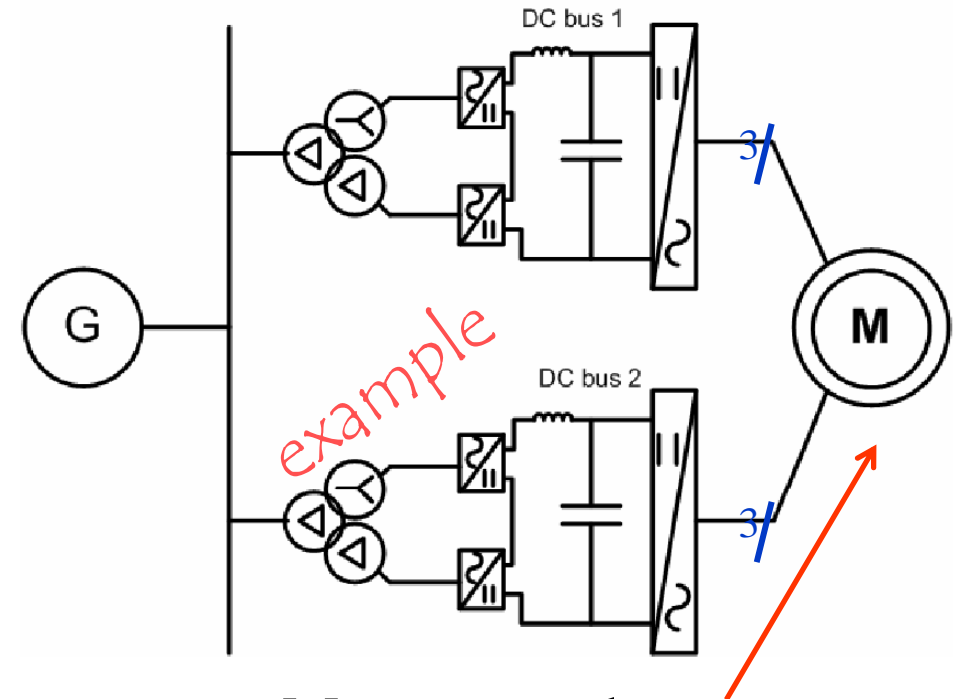
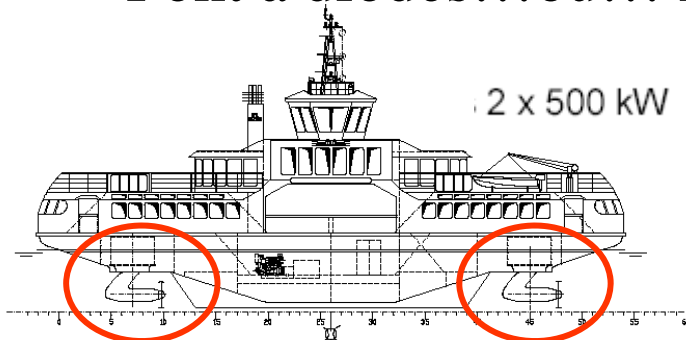
2. Hybride série de base: diesel-electrique

Type d'alimentation du moteur

Onduleur de tension à « transistors »



Pont à diodes...ou... Redresseur MLI

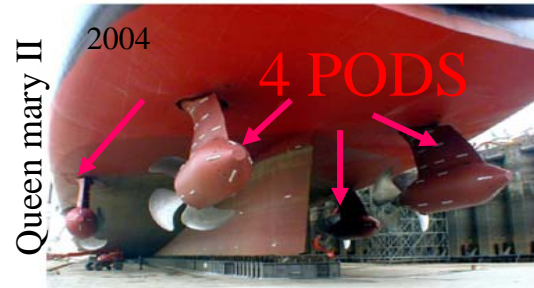
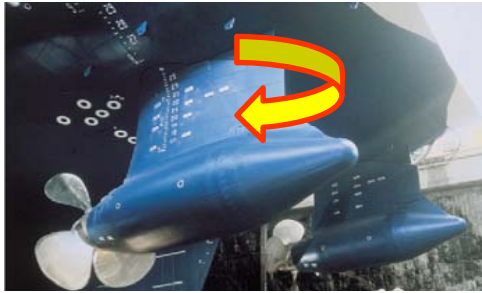


Moteur synchrone ou asynchrone

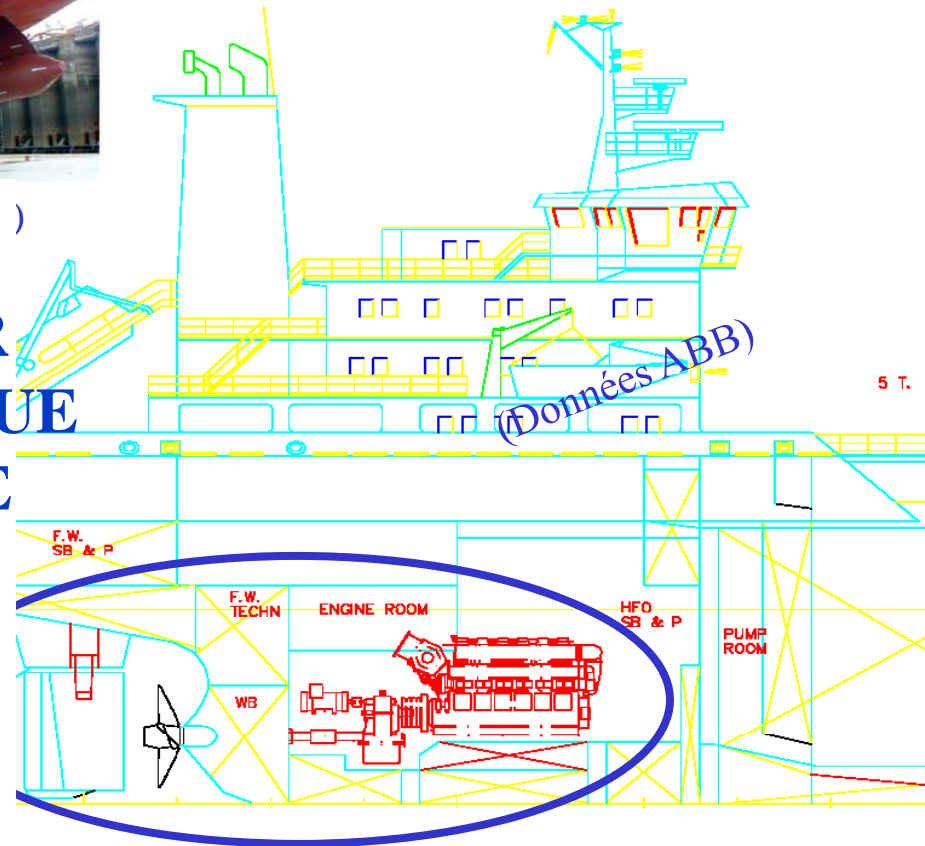
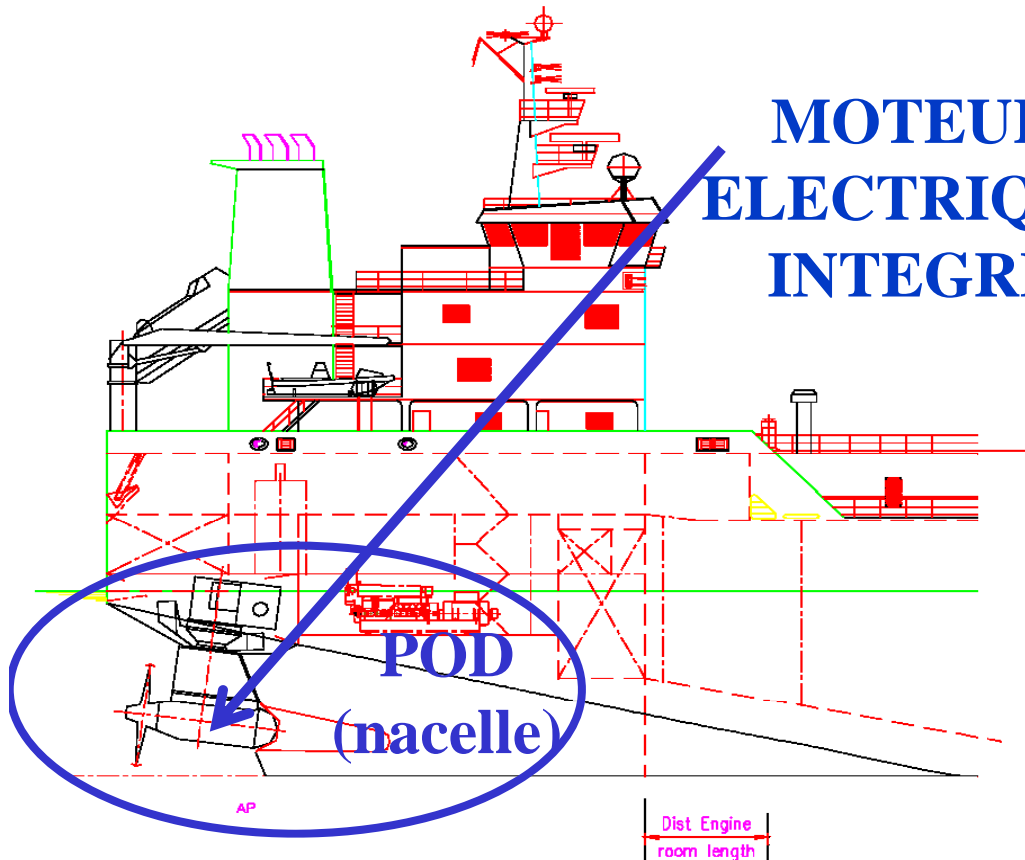
(3 phases, 6 phases, ..., 13 phases, 15 phases,...)

II> Amélioration de l'hybride série

1. POD: l'électrique aide l'hydrodynamique



**MOTEUR
ELECTRIQUE
INTEGRE**



Amélioration de 5 à 15% du rendement hydrodynamique??

II> Amélioration de l'hybride série

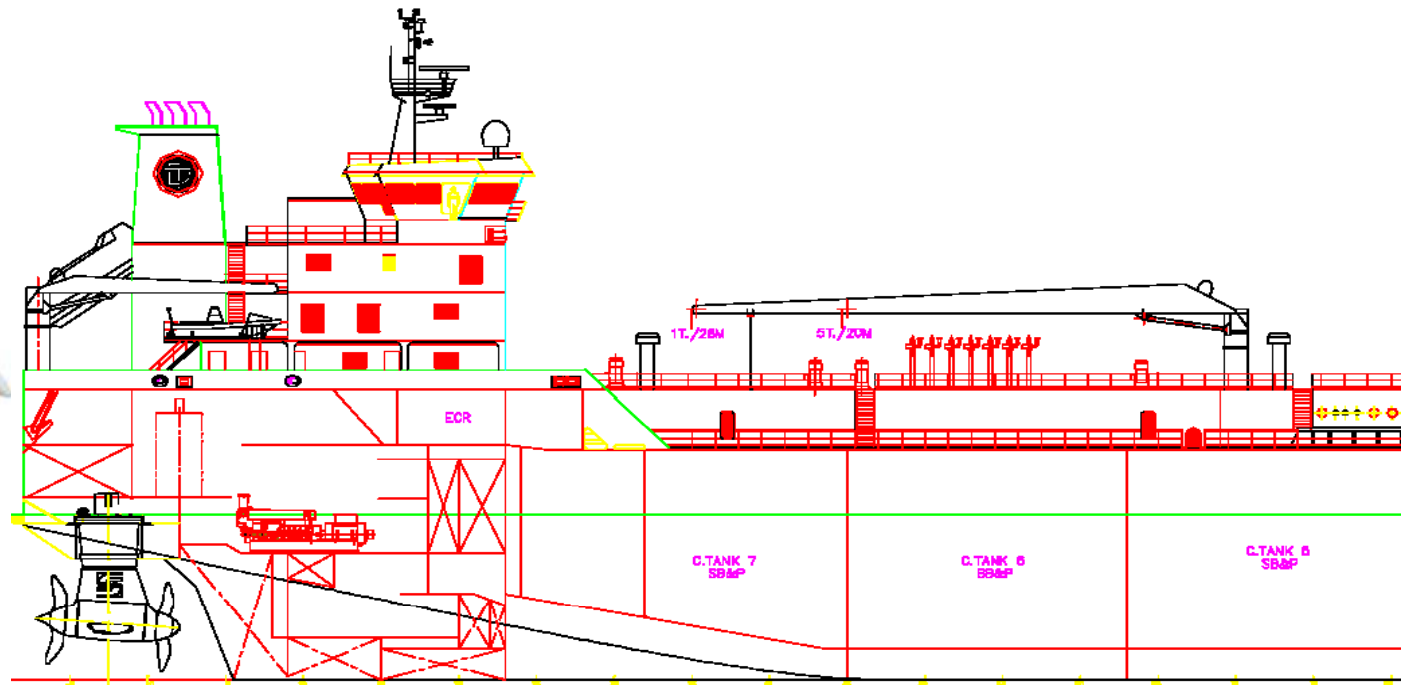
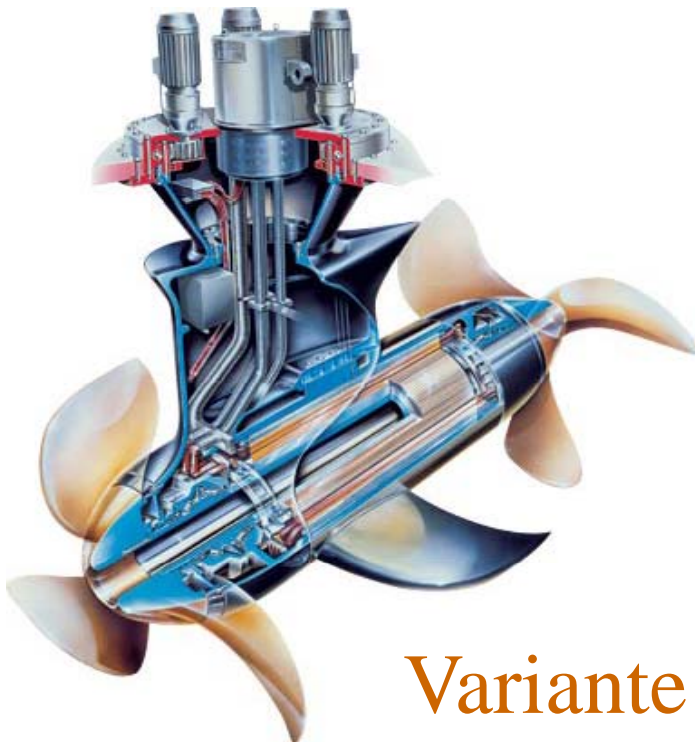
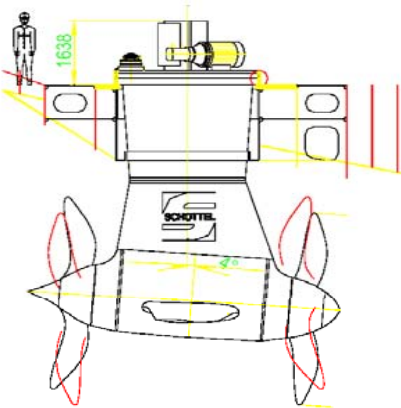
1. POD: l'électrique aide l'hydrodynamique

Avantages:

- Rendement global
- Gain d'espace
- Manoeuvrabilité
- Vibrations

Inconvénients

- Moteur immergé
- Technologie récente
- Coût



Variante Siemens double-hélice

II> Amélioration de l'hybride série

2. RIM driven: moteur dans le carénage de l'hélice



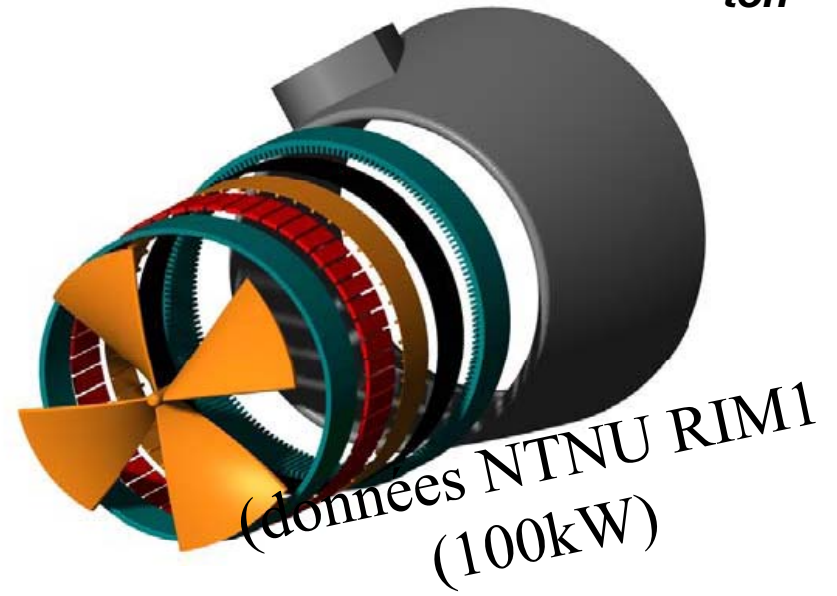
Harbor Branch Oceanographic institute
Machine à AP, hélice sans moyeux



University of Southampton



Norpropeller - Brunvoll
Machine radiale de 100kW, bobinage fractionnaire, refroidie à l'eau, sans moyeu



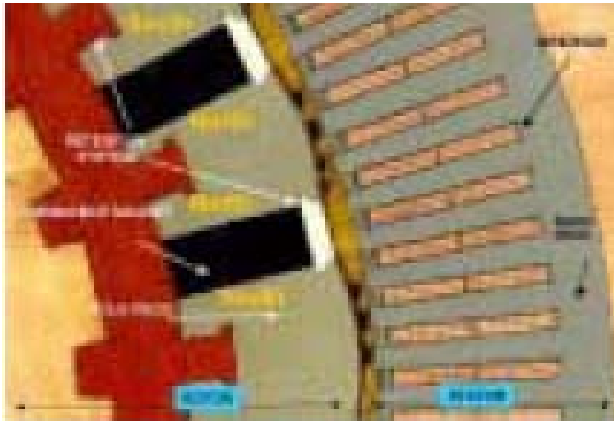
**(données NTNU RIM1
(100kW))**

II> Amélioration de l'hybride série

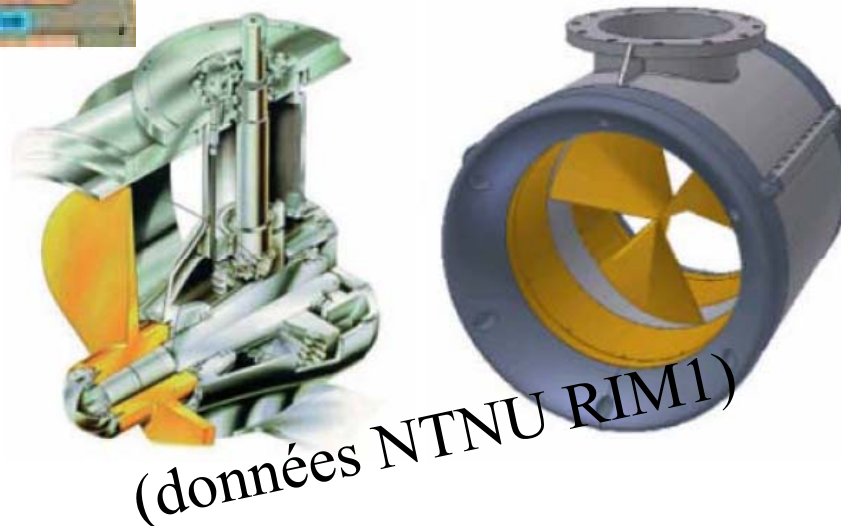
2. RIM driven: moteur dans le carénage de l'hélice

Avantages / POD classique:

- Rendement global
- poids/volume



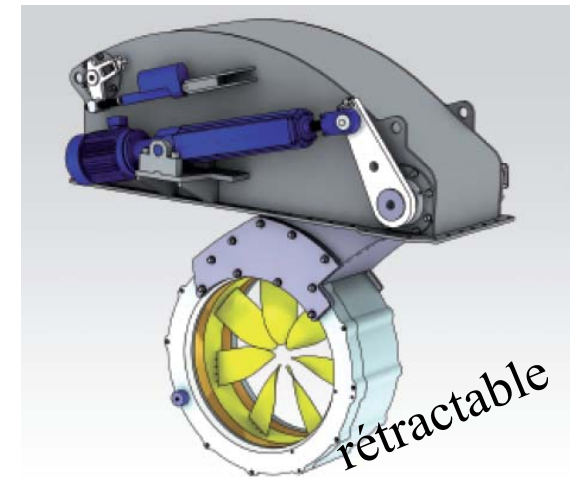
(données RIM2)
4,4 MW



(données NTNU RIM1)

Inconvénients

- Moteur immergé
- Etanchéité: eau dans l'entrefer;
- Technologie émergente

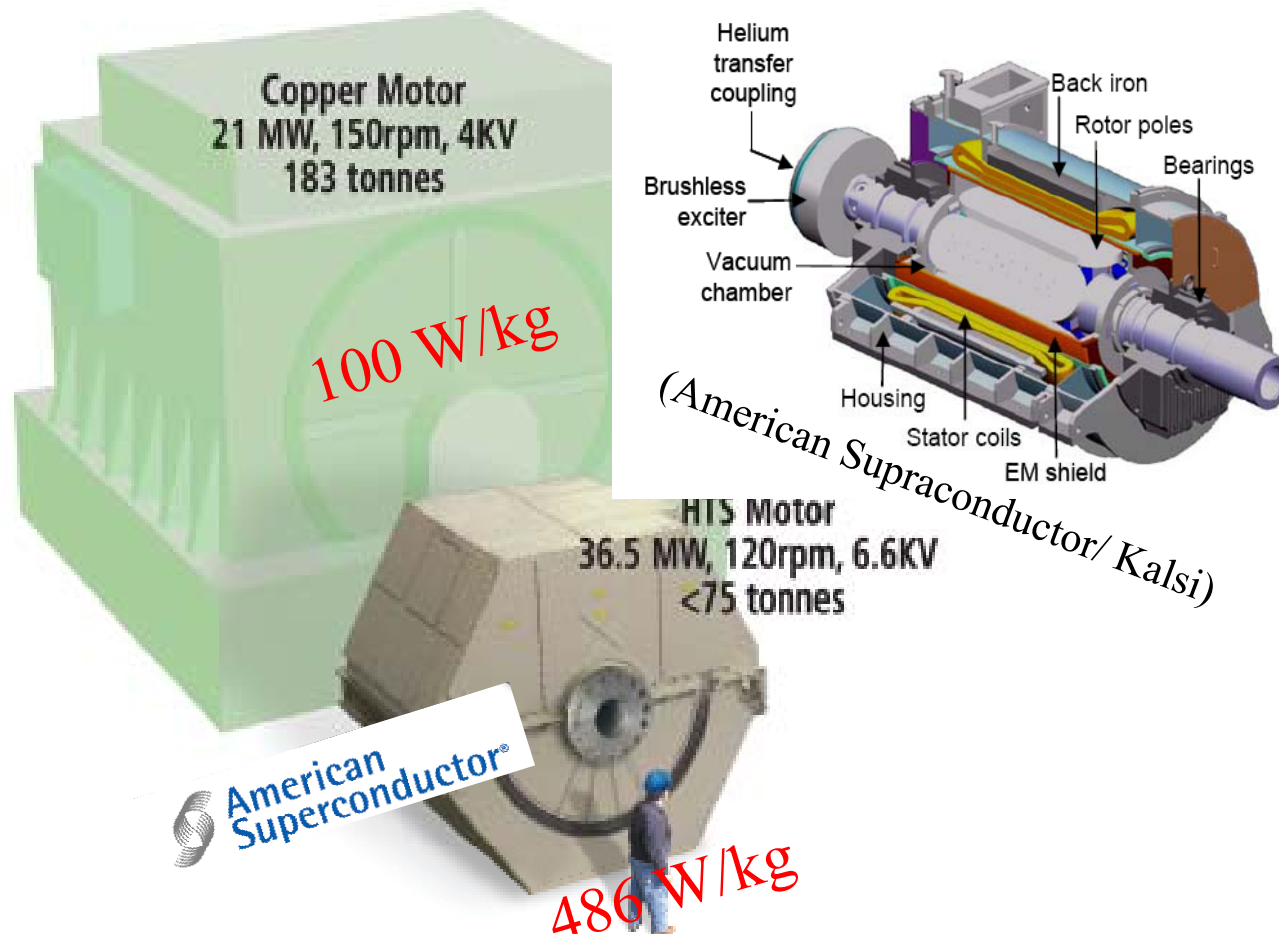


Van der Velden

(de 30 à 300kW)

II> Amélioration de l'hybride série

3. HTS: la supraconductivité pour sa compacité



SPECIFICATIONS

Output:	36,500 kW
Speed:	0-120 rpm
Efficiency:	>97%
Pole Pairs:	8
Voltage:	6 kV
Stator Full Load Current:	1270 A rms
Weight:	<75 metric tons
Dimensions (l x w x h)	3.4m x 4.6m x 4.1m
Stator Cooling:	Liquid

Advanced Induction Machine

15 phases 19 MW

150 rpm/96%

117t

4,35mX4,5mX4m

162W/kg

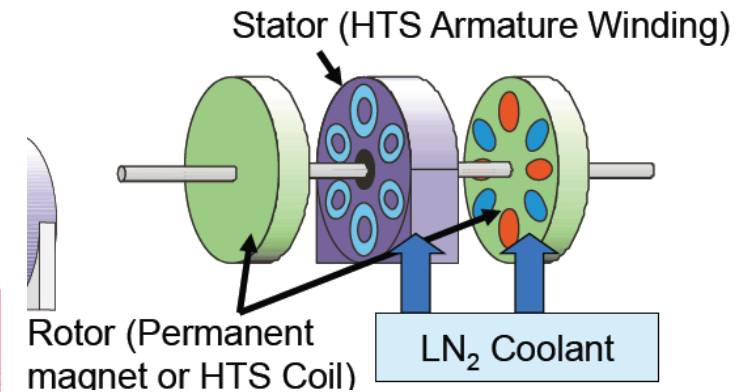
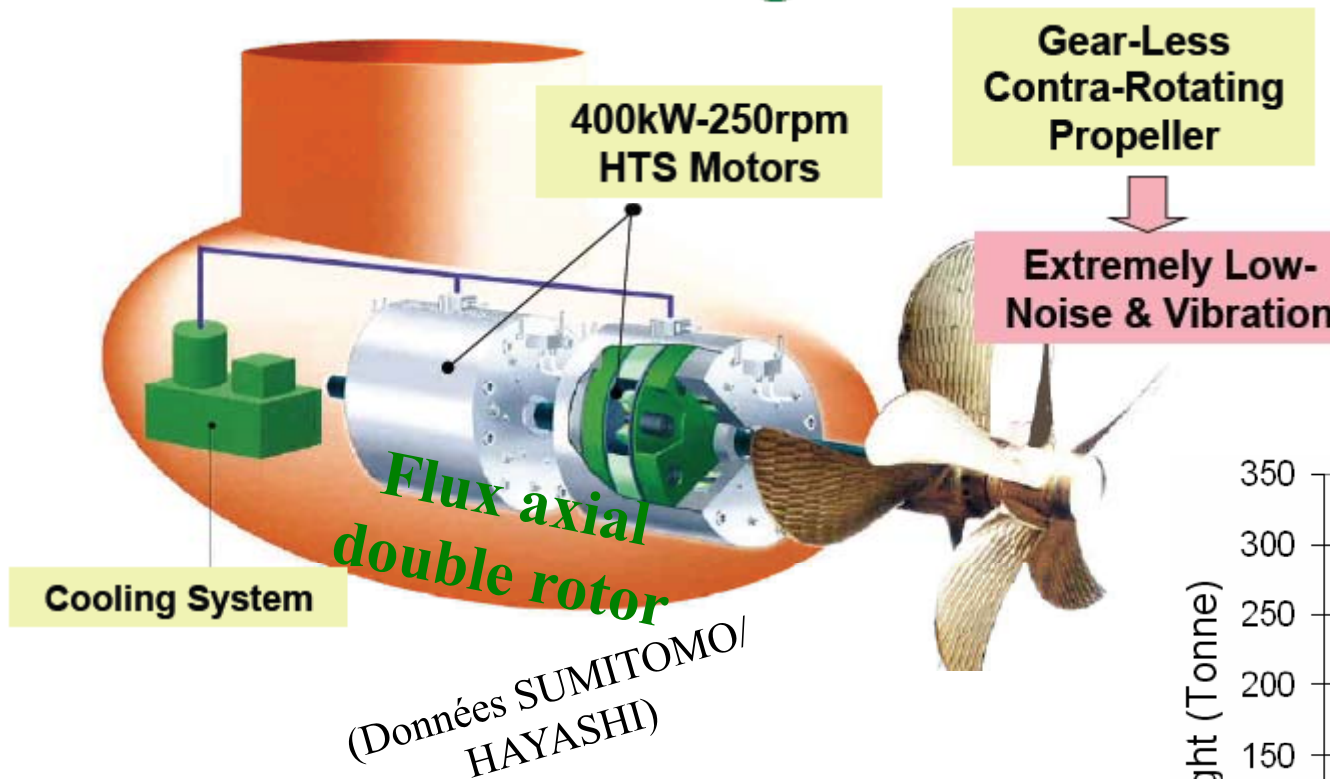
Une technologie

(Rotor supra (-245°C) ; dent stator amagnétique; Fil Stator de Litz)

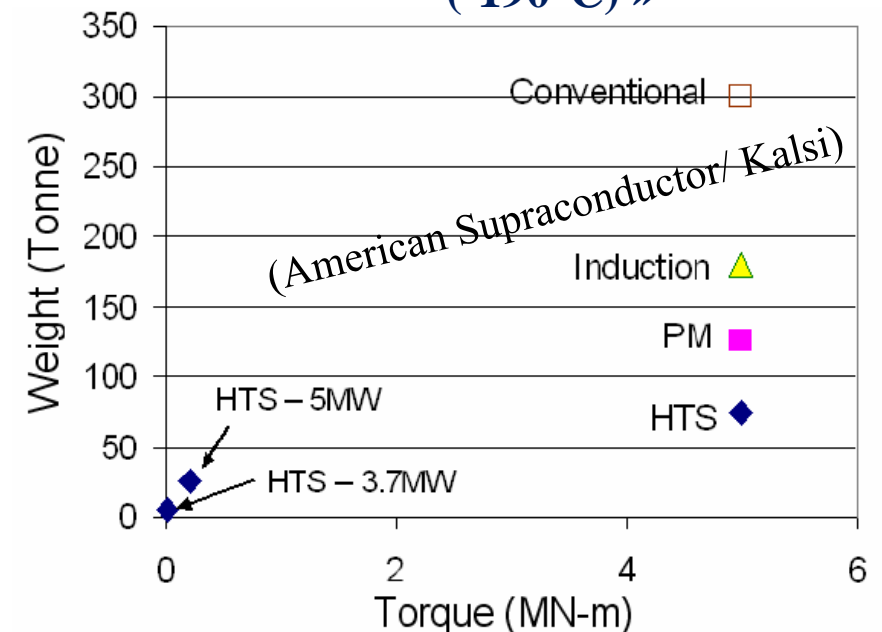
II> Amélioration de l'hybride série

3. HTS: la supraconductivité pour sa compacité

800kW Contra Rotating Thruster



« Technologie Azote liquide (-190°C) »



Avantages :

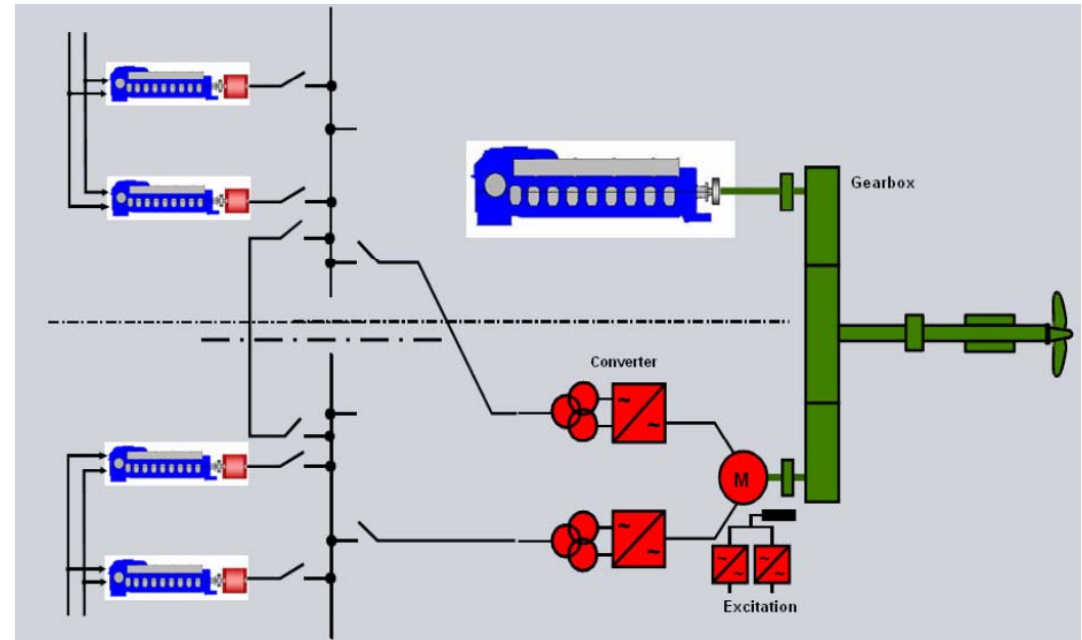
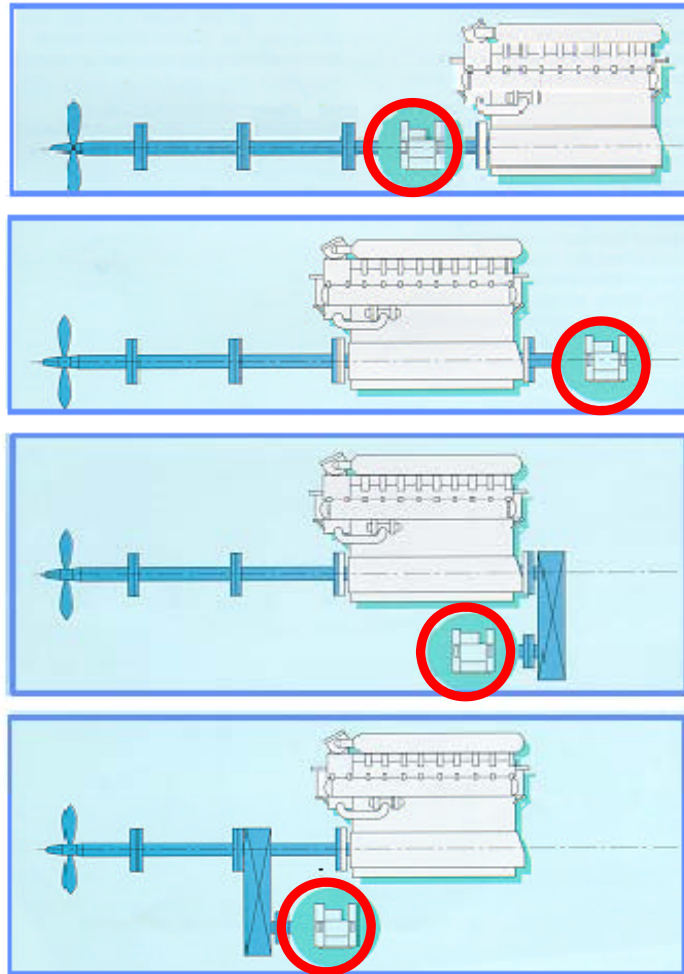
- Compacité
- Rendement global

Inconvénients :

- Basse température
- En émergence

III>L'hybridation parallèle pour tous

1. Le booster... fils de l'alternateur attelé



Réduction des coûts
en carburant (-12%)
et pollution

(80MW Diesel/ 18MW)

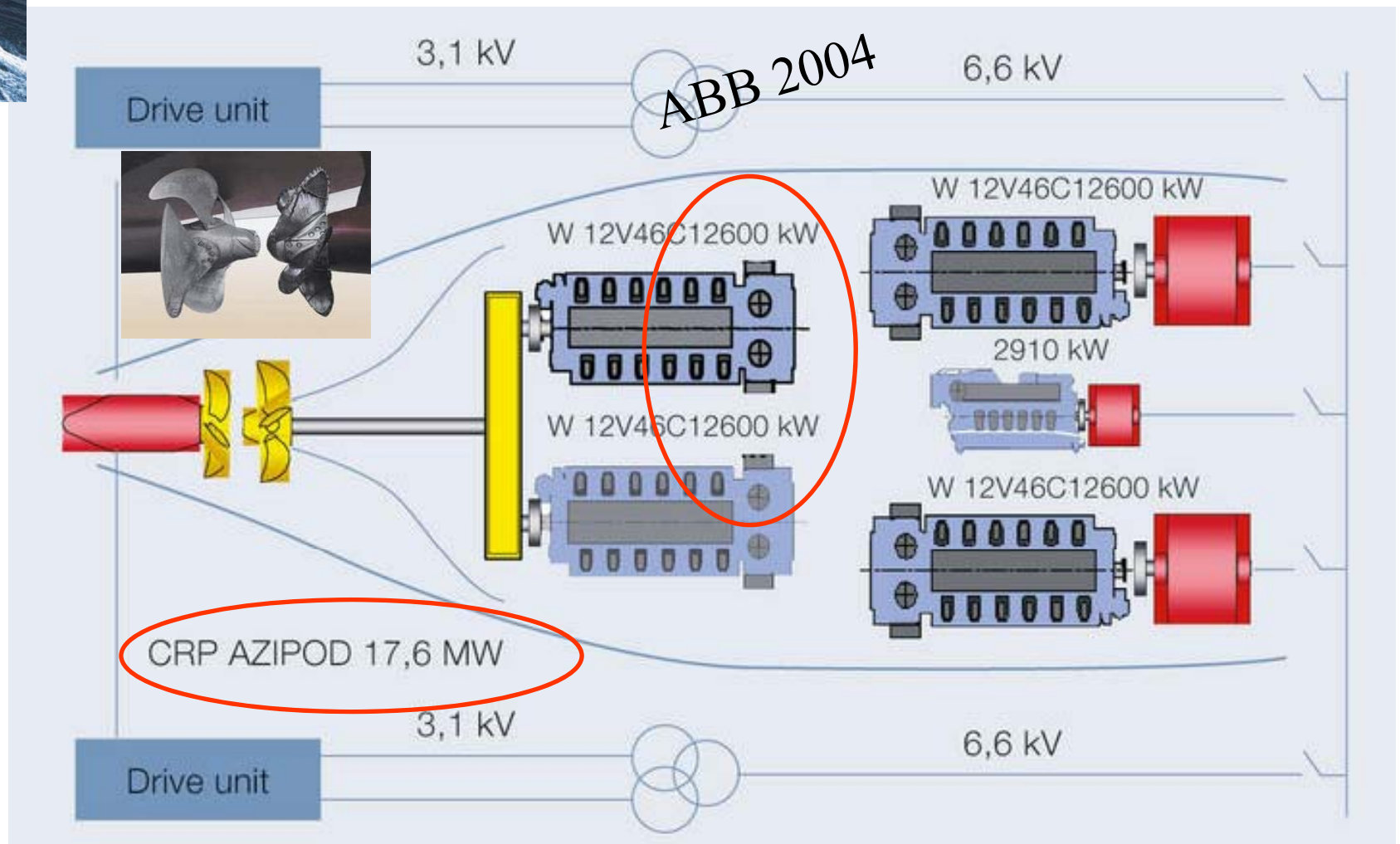
III>L'hybridation parallèle pour tous

2. Contra-POD: efficacité à coût réduit



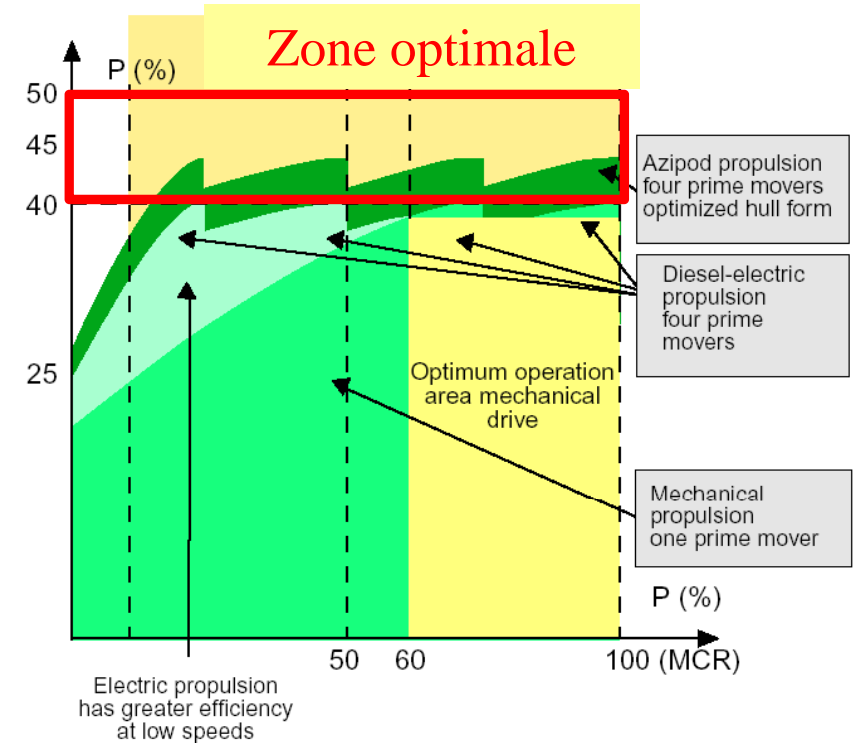
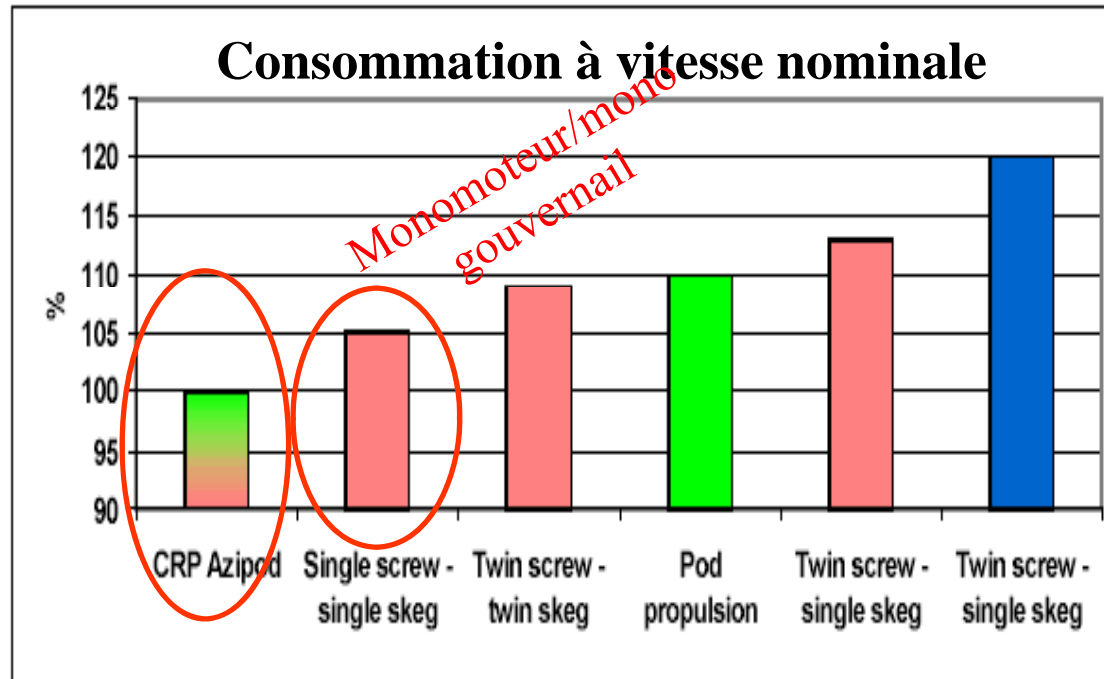
Hybridation
Forte

70%



III>L'hybridation parallèle pour tous

2. Contra-POD: efficacité à coût réduit



Picture 1. ULCS single screw - single skeg.



Picture 2. ULCS twin screw - twin skeg.



Picture 3. ULCS CRP Azipod.



Picture 4. CRP Azipod in cavitation tests.

Conclusion

Diverses Solutions adaptées aux variétés des fonctionnalités

Efficacité (rendement)

Disponibilité (Redondance)

Coût de Possession, Manoeuvrabilité (croisière), Discrétion (Militaire),

(« Tout thermique », « Hybride série », « Hybride parallèle »)

Si on prenait son temps avec Hélios et Eole?



Eléments de bibliographie

1. Stefan Iden, Wolfgang Rzdaki, « Mains Power Quality of Ships with Electrical Drives Simulations and Measurements “, Proc. of European Power Electronics Conference (EPE’2001), August 2001, Graz (Austria), CD-ROM.
2. Jan Fredrik Hansen and Rune Lysebo, ABB AS Marine group, Norway, »Electric propulsion for LNG Carriers », *LNG journal September/October 2004*
3. Okazaki, T.; Ohkura, K.; Kato, T.; Fujino, K.; Hayashi, K.; Sato, K., "Industrial Applications of HTS Coils Using DI-BSCCO Wire," Applied Superconductivity, IEEE Transactions on , vol.16, no.2, pp.1088-1091, June 2006
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=1643038&isnumber=34433>
4. Kwon, Y.K.; Baik, S.K.; Lee, E.Y.; Lee, J.D.; Kim, Y.C.; Moon, T.S.; Park, H.J.; Kwon, W.S.; Lee, S.H.; Hong, J.P.; Jo, Y.S.; Ryu, K.S., "Status of HTS Motor Development in Korea," Power Engineering Society General Meeting, 2007. IEEE , vol., no., pp.1-5, 24-28 June 2007
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=4276058&isnumber=4275199>
5. Snitchler, G.; Gamble, B.; Kalsi, S.S., "The performance of a 5 MW high temperature superconductor ship propulsion motor," Applied Superconductivity, IEEE Transactions on , vol.15, no.2, pp. 2206-2209, June 2005
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=1440102&isnumber=31007>
6. Kalsi, S.S., "HTS ship propulsion motors," Power Engineering Society General Meeting, 2004. IEEE , vol., no., pp.2047-2048 Vol.2, 10-10 June 2004
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=1373238&isnumber=30010>
7. Hayashi, « Development of HTS Motor - Present Status and Future Prospect –”, Sumitomo Electric Industries, Ltd., CCA08 , international workshop on coated conductors, 04/12/2008
8. Risto Pakaste, ABB Automation Technologies Marine & Turbocharging, » CRPAzipod®Propulsion , the Most Efficient and Versatile Propulsion System », ShipTech 2004, January 27-28, 2004, Biloxi
9. <http://www.industry.siemens.com/marine/en/solution/>